

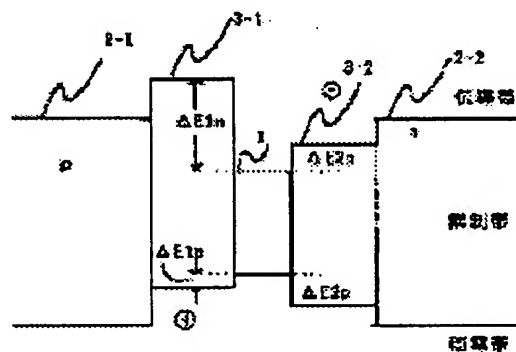
SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Publication number: JP8064898
Publication date: 1996-03-08
Inventor: NAKATSUKA SHINICHI; GOTO JUN
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
- International: **H01S5/00; H01S5/00;** (IPC1-7): H01S3/18
- European:
Application number: JP19940195601 19940819
Priority number(s): JP19940195601 19940819

Report a data error here

Abstract of JP8064898

PURPOSE: To realize a short wavelength semiconductor laser having high temperature characteristics at a low threshold value by simultaneously increasing the light confinement effect and the carrier confinement effect of an optical guide layer. **CONSTITUTION:** At least one 3-1 of two optical guide layers 3-1, 3-2 for holding an active layer 1 is formed of a semiconductor layer in which the band offset ΔE_{1n} of the active layer 1 at the band (conduction band) having main carrier existing in a clad layer 2-2 of opposite side via the layer 1 is larger than the band offset ΔE_{2n} of the other optical guide layer 3-2 and the active layer 1. The guide layer of the n-type clad side is a layer containing much sulfur, and the optical guide layer of a p-type clad side is a layer containing much tellurium.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-64898

(43) 公開日 平成8年(1996)3月8日

(51) Int.Cl.⁴

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-195601

(22) 出願日 平成6年(1994)8月19日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中塚 慎一

東京都国分寺市東荻ケ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 後藤 順

東京都国分寺市東荻ケ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 藤田 利幸

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

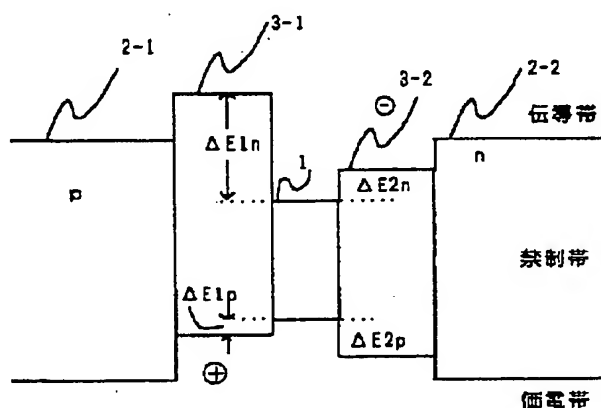
(57) 【要約】

【目的】 低しきい値で高温特性の短波長半導体レーザを実現する。

【構成】 活性層1を挟む2つの光ガイド層3-1、3-2の少なくとも一方3-1は活性層1を挟んで反対側のクラッド層2-2での主たるキャリアの存在するバンド(伝導帯)側での活性層1とのバンドオフセット ΔE_{1n} が他方の光ガイド層3-2と活性層1のバンドオフセット ΔE_{2n} よりも大となる半導体層で構成される。
n型クラッド側の光ガイド層は硫黄を多く含有する層、
p型クラッド側の光ガイド層はテルルを多く含有する層とする。

【効果】 光ガイド層の光閉じ込め効果とキャリアの閉じ込め効果を同時に大きくできる。

図 1



1: 活性層 2-1、2-2クラッド層 3-1、3-2光ガイド層

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層と、上記活性層を挟んで設けられ上記活性層の屈折率よりも小さな屈折率をもつ2つの光ガイド層及び上記光ガイド層の外側に設けた光ガイド層よりも小さな屈折率を有する互いに異なる導電型のクラッド層をもつ半導体レーザ素子であって、
 上記光ガイド層の少なくとも一方は上記活性層を挟んで反対側のクラッド層において主たるキャリアの存在するバンド側での活性層とのバンドオフセットが他方の光ガイド層と上記活性層とのバンドオフセットより大となる組成の半導体で構成されたことを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 上記2つの光ガイド層の少なくとも一方が半導体中のキャリアのドブロイ波長よりも小さな周期で組成の変化する超格子構造をもつ半導体層であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 上記超格子構造をもつ半導体層の組成は価電子帯のエネルギーが最大となる位置と伝導帯のエネルギーが最低となる位置が空間的に異なって設定されていることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 上記超格子構造をもつ半導体層が、上記光ガイド層を構成する複数の元素の1つの元素のみの含有量に変化して組成されていることを特徴とする請求項2又は3記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】 上記活性層、クラッド層及び光ガイド層がII-VI族半導体で構成されたことを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】 上記光ガイド層が一方の光ガイド層における正孔に対する閉じ込めは、他方の光ガイド層に比べ硫黄を多く含有する光ガイド層を用いて行なうことを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ素子。

【請求項7】 電子に対する閉じ込めは他方の光ガイド層に比べテルルを多く含有する光ガイド層を用いて行なうことを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ素子。

【請求項8】 正孔に対する閉じ込めは他方の光ガイド層に比べマグネシウムを多く含有する光ガイド層で構成されたことを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体レーザ素子、更に詳しくいえば、活性層とクラッド層の間に光ガイド層を設けた半導体レーザ素子に係り、光記録や光表示の光源等として用られる半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の光記録や光表示の光源等として用られる短波長半導体レーザとして、図10に示すような単一量子井戸活性層1と、この活性層1を挟んで設けた活性層よりも禁制帯幅が大きく、屈折率が小さな半導体により形成され、互いに導電型の異なる半導体により形

2

成されたクラッド層2と、活性層1とクラッド層2と間に設けられ、禁制帯幅及び屈折率が活性層1とクラッド層3の中間の値をもつ光ガイド層3とを設けた分離閉じ込めヘテロ構造(SCH)の半導体レーザが知られている。例えば、文献、J. Gaines他、アブライド・フィジックス・レター 62巻20号第2462頁乃至第2464頁、1993年 (Appl. Phys. Lett. 62(20) 1993 2462P) には、ZnCdSe活性層、同じ組成のZnSSe光ガイド層、ZnMgSSeクラッド層からなる短波長半導体レーザが記載されている。この構造の半導体レーザは、量子効果によって発光効率が高められ、SCH構造による光の閉じ込め効果及びキャリアの閉じ込め効果によって、低いしきい値電流で、高効率な半導体レーザが構成される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来のSCH半導体レーザは、活性層、クラッド層、ガイド層の構成素材のもつエネルギーバンド構造によって、禁制帯幅及び屈折率を所定の値に設定することができず、光閉じ込め効果とキャリアの閉じ込め効果を同時に大きくすることには一定の限度がある。すなわち、活性層の両側のガイド層の禁制帯幅及び屈折率は同じである、また、一般に半導体の屈折率は禁制帯幅が小さくなるほど大きくなる傾向にあるため、従来の半導体レーザでは光閉じ込め効果を大きくするために光ガイド層の禁制帯幅を小さく(光ガイド層の屈折率を大きく)すると、光ガイド層へのキャリアの漏れ出しも大きくなるため、光ガイド層の屈折率の大きさに制限があり、キャリアの閉じ込め効果による閾値電流密度を更に低減する設計上の制約になっていた。特に、II-VI族半導体を使用した短波長半導体レーザにおいて、クラッド層の禁制帯幅が狭く、キャリアの閉じ込めが難しくなる。

【0004】 従って、本発明の主な目的は、光ガイド層をもつ半導体レーザを更に改善し、光ガイド層の光閉じ込め効果とキャリアの閉じ込め効果を更に大きくすることができ、閾値電流密度を低減した半導体レーザを実現することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の半導体レーザは、活性層の両側にある2つの光ガイド層の少なくとも一方をそれぞれ活性層を挟んで反対側での主たるキャリアの存在するバンド側での活性層と光ガイド層とのバンドオフセットが、他方の光ガイド層と活性層とのバンドオフセットよりも大となる組成にした。即ち、p(又はn)型のクラッド層と活性層の間のにある第1の光ガイド層の伝導帯(又は価電子帯)側での活性層と第1の光ガイド層のバンドオフセットがn(又はp)型のクラッド層と上記活性層の間のにある第2の光ガイド層の伝導帯(又は価電子帯)側での活性層と第2の光ガイド層のバンドオフセットより大と

なるような組成の材料で第1及び第2の光ガイド層を構成する。

【0006】好ましくは上記光ガイド層を半導体中のキャリアのドブロイ波長よりも小さな周期で組成の変化する超格子構造とする。また、上記超格子構造の光ガイド層を形成する半導体層の組成を価電子帯のエネルギーが最大となる位置と伝導帯のエネルギーが最低となる位置が空間的に異なるように設定する。上記超格子光ガイド層は超格子光ガイド層を構成する複数の元素のうち1元素のみの含有量を変化することにより形成すれば、超格子光ガイド層の作製が容易となる。半導体レーザをII-VI族半導体で構成する場合、上記一方の光ガイド層は上記1元素として主たるキャリアが正孔であるとき、正孔に対する閉じ込め効果の大きい半導体は、他方の光ガイド層に比べ硫黄又はマグネシウムを多く含有することにより得られ、主たるキャリアが電子であるとき、電子に対する閉じ込め効果の大きい光ガイド層は、他方の光ガイド層に比べテルルを多く含有することにより得られる。

【0007】

【作用】本発明の半導体レーザ素子の原理を図1のエネルギーバンド構造によって説明する。同図に示すように、光ガイド層3-1及び3-2の少なくとも一方（例えば3-1）は活性層1を挟んで反対側のクラッド層2-2において主たるキャリア（電子）の存在するバンド側（図面上側、伝導帯側）で、活性層1と光ガイド層3-1のバンドオフセット ΔE_{1n} が他方の光ガイド層3-2と活性層1とのバンドオフセット ΔE_{n2} よりも大となるように層が設定されている。キャリアの漏れ出しとして問題となるのは主として活性層1中の少数キャリアの光ガイド層3-1及び3-2への漏れ出しである。本発明では光ガイド層3-1及び3-2は、少数キャリア（電子、正孔）が光ガイド層に洩れ出しにくいように、バンドバンドオフセットが設定され、光ガイド層3-1、3-2の禁制帯幅を同程度、従って屈折率が同程度であっても意図的に少数キャリア側のバンドオフセットが大きくなるように層の組成がなされるため、大きな屈折率と大きなキャリア閉じ込め効果を両立することができる。従って、しきい値電流の小さな半導体レーザを実現することが可能となる。

【0008】特に、活性層、光ガイド層、クラッド層がII-VI族半導体で構成される短波長半導体レーザを構成する場合において、クラッド層の禁制帯幅は限度があり、光の閉じ込め効果を上げるため、禁制帯幅が大きできない条件下において、本発明は少数キャリア側の活性層と光ガイド層バンドオフセットが大きく設定できるので、少数キャリアの閉じ込めの効果をあげることができ、短波長の半導体レーザのしきい値電流の低減に有効な手段となる。また、光ガイド層を超格子構造とするのは製造上、屈折率、格子定数の制御等を容易にするため

である。

【0009】

【実施例】

<実施例1>図2は本発明による半導体レーザの第1の実施例の構成を示す斜視図である。本実施例の構成を製造工程と共に説明する。分子線エピタキシ(MBE)法によりn-GaAs基板101上に、n-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層102、アンドープZnSe_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}超格子光ガイド層103、Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se歪量子井戸活性層104、アンドープZnSe_{0.14}Se_{0.86}/ZnSe超格子光ガイド層105、p-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を順次積層した。

【0010】超格子光ガイド層103はMBE法によりZnSe_{0.14}Se_{0.86}層の成長条件に対応したZn、S、Seの分子線を照射した状態でCdのビームを点滅することにより、厚さ10nmのZnSe_{0.14}Se_{0.86}層108と厚さ2nmのZn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}層109とを交互に形成し、同様に、超格子光ガイド層105はZn、Seの分子線を照射した状態でSのビームを点滅することにより厚さ5nmのZnSe_{0.14}Se_{0.86}層110と厚さ5nmのZnSe層111とを交互に積層して形成している。

【0011】次に、コンタクト層107上にSiO₂層を形成し、その上に気相化学堆積法及びホトリソグラフ技術を用いてストライプ状のSiO₂/SiN多層膜を形成し、SiO₂の選択サイドエッチングした。サイドエッチングしたSiO₂層をマスクとし、p-MgZnSeクラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を図2のような形状に選択エッチングした。次にMBE法によりn-Zn_{0.4}Cd_{0.6}S埋込層112を結晶成長した後、SiO₂を除去してストライプ状の半導体層107を露出させ、Au/Pt/Ag/Teからなる電極113を形成して半導体レーザを構成した。

【0012】本実施例のエネルギーバンド構造は図3のようになっている。ZnCdS Se/ZnS Se超格子光ガイド層103の活性層104に対する価電子帯側のバンドオフセットが従来のZnS Seのみを光ガイド層に用いた場合に比べ大きくなっている。そのため、活性層104から超格子光ガイド層103への正孔の漏洩を防止する効果を高める。一方、ZnCdS Se/ZnS Se超格子光ガイド層103の屈折率はZnS Se層の屈折率とほとんど変わりなく、従来のZnS Seのみを光ガイド層に用いた場合と同程度の光閉じ込め効果をもつ。従って、本実施例は光閉じ込め効果保持しながら正孔の漏洩を防止することができる。本実施例では、発振波長510nmの緑色レーザ光が室温連続発振で得られ、そのしきい電流は約10mAであった。なお、超格子光ガイド層103を構成する各層の厚さが10nm以下では電子はトンネリングによって通過するので、電子注入の障害にはならな

5

【0013】<実施例2>図4は本発明による半導体レーザの第2の実施例の構成を示す斜視図である。本実施例の構造を製造工程と共に説明する。本実施例では、MBE法によりn-GaAs基板101上にn-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層102、アンドープZnS_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}超格子光ガイド層103、Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se歪量子井戸活性層104、アンドープZnS_{0.14}Se_{0.86}/ZnS_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}超格子光ガイド層201、p-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を順次積層した。

【0014】ZnS_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}超格子光ガイド層103は、実施例1の超格子光ガイド層103と同様に、MBE法によりZnS_{0.14}Se_{0.86}層の成長条件に対応したZn、S、Seの分子線を照射した状態でCdのビームを点滅することにより、厚さ10nmのZnS_{0.14}Se_{0.86}層108と厚さ2nmのZn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}層109を交互に積層して形成し、ZnS_{0.14}Se_{0.86}/ZnS_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}超格子光ガイド層201はZn、S、Seの分子線を照射した状態でTeのビームを点滅することにより、厚さ5nmのZnS_{0.14}Se_{0.86}層110と厚さ5nmのZnS_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}層202を交互に積層して形成した。

【0015】次にMBE法によりn-Zn_{0.4}Cd_{0.6}S埋込層112を結晶成長した後、SiO₂を除去してストライプ上の半導体層を露出させAu/Pt/Ag/Teからなる電極113を形成して半導体レーザを実現した。

【0016】本実施例2のエネルギーバンド構造図は図5のようになっており、ZnCdS_{0.3}Se_{0.7}/ZnS_{0.14}Se_{0.86}超格子光ガイド層103及びZnS_{0.14}Se_{0.86}/ZnS_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}超格子光ガイド層201は実施例1と同様の機構により光閉じ込め効果がZnS_{0.14}Se_{0.86}単独の場合と同じままで正孔及び電子の光ガイド層への漏洩を防止する効果をもつ。さらに、ZnS_{0.14}Se_{0.86}/ZnS_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}超格子光ガイド層201の場合、価電子帯のエネルギーが大きな層と伝導帯のエネルギーが小さい層が異なる層となるため、キャリアの空間的分布の重なりが小さく、活性層104から光ガイド層201に漏洩した漏洩キャリアの再結合を防止する働きもある。本実施例により、発振波長510nmの緑色レーザ光が室温連続発振で得られ、そのしきい電流は約10mAであった。

【0017】<実施例3>図6は本発明による半導体レーザの第3の実施例の構成を示す斜視図である。本実施例の構造を製造工程と共に説明する。実施例1及び実施例2ではMBE法で素子作製を行なう場合の作製容易性を考慮して光ガイド層の成長時に結晶構成元素の1要素のみを点滅することにより基板と実効的に格子整合させているが、より詳細な結晶成長条件の検討により本発明の効果をより積極的に用いた構造も可能である。この構造を本発明の第3の実施例として説明する。

6

【0018】本実施例では、MBE法によりn-GaAs基板101上にn-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層102、アンドープZn_{0.7}Cd_{0.3}S光ガイド層301、ZnSe_{0.8}Se_{0.2}歪量子井戸活性層302、アンドープZnS_{0.14}Se_{0.86}/ZnS_{0.1}Se_{0.62}Te_{0.28}超格子光ガイド層303、p-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を順次積層した。ZnS_{0.48}Se_{0.52}/ZnSe_{0.6}Te_{0.4}超格子光ガイド層303はMBE法によりZnS_{0.48}Se_{0.52}層の成長条件に対応したZn、S、Seの分子線を照射した状態でS及びTeのビームを交互に点滅することにより形成したもので、厚さ5nmのZnS_{0.48}Se_{0.52}層110と厚さ5nmのZnSe_{0.6}Te_{0.4}層304を交互に積層して形成している。

【0019】次に、コンタクト層107上にSiO₂層を形成し、その上に気相化学堆積法及びホトリソグラフ技術を用いてストライプ状のSiO₂/Si₃N₄多層膜を形成し、SiO₂の選択サイドエッチングした。サイドエッチングしたSiO₂層をマスクとし、p-MgZnS_{0.14}Se_{0.86}クラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を図4のような形状に選択エッチングした。次にMBE法によりn-Zn_{0.4}Cd_{0.6}S埋込層112を結晶成長した後、SiO₂を除去してストライプ状の半導体層107を露出させAu/Pt/Ag/Teの電極113を形成して半導体レーザを構成した。

【0020】本実施例のバンド構造図は図7のようになっており、ZnCdS_{0.3}Se_{0.7}光ガイド層301及びZnS_{0.14}Se_{0.86}/ZnS_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}超格子光ガイド層303は活性層302に対する価電子帯及び伝導帯のバンドオフセットがクラッド層106よりも大きくなり非常に大きなキャリア閉じ込め効果を持ちながら屈折率は従来のZnS_{0.14}Se_{0.86}光ガイド層と同程度と良好な光ガイド層となる。本実施例では、発振波長510nmの緑色レーザ光が室温連続発振で得られ、そのしきい電流は約5mAであった。

【0021】<実施例4>図8は本発明による半導体レーザの第4の実施例の構成を示す斜視図である。本実施例の構造を製造工程と共に説明する。本実施例ではMBE法によりn-GaAs基板101上にn-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層102、アンドープZn_{0.7}Cd_{0.3}S光ガイド層301、ZnSe_{0.8}Se_{0.2}歪量子井戸活性層401、アンドープZnS_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.9}Mg_{0.1}Se_{0.2}Se_{0.8}超格子光ガイド層402、p-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を順次積層した。ZnS_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.9}Mg_{0.1}Se_{0.2}Se_{0.8}超格子光ガイド層402はMBE法により厚さ約10nmのZnS_{0.3}Se_{0.7}層403と厚さ約10nmのZn_{0.1}Mg_{0.9}Se層404を交互に成長することにより構成している。

【0022】次に、気相化学堆積法及びホトリソグラフ技術を用いてストライプ状のSiO₂/Si₃N₄多層膜を形

成、 SiO_2 の選択サイドエッチングにより図6のような形状に加工する。この構造をマスクとしてp-MgZnSSeクラッド層106、p-ZnSeコンタクト層107を選択エッチングした。次にMBE法により $\text{n-Zn}_{0.4}\text{Cd}_{0.6}\text{S}$ 埋込層112を結晶成長した後、 SiO_2 を除去してストライプ上の半導体層を露出させAu/Pt/Ag/Te電極113を形成してレーザ構造とした。

【0023】本実施例のバンド構造は図9のようになっており、ZnCdS光ガイド層301及びZnSSe/ZnMgSe超格子光ガイド層402は活性層に対する価電子帯及び伝導帯のバンドオフセットがクラッド層よりも大きくなり非常に大きなキャリア閉じ込め効果を持ちながら屈折率は従来のZnSSe光ガイド層と同程度と良好な光ガイド層となる。本実施例の半導体レーザは、発振波長510nmの緑色レーザ光が室温連続発振で得られ、そのしきい電流は約5mAであった。

【0024】上記各実施例は短波長レーザとして有効なII-VI族半導体を用いた半導体レーザを例に説明したが、同様の構成は設計はIII-V族半導体等の他の材料を用いた半導体レーザに対しても適応可能であることはいうまでもない。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、クラッド層と光ガイド層との屈折率差が大きくとれ、光閉じ込めが大きくなり、同時に光ガイド層への少数キャリアの漏れだしを最少に抑えることが可能となるので低しきい値電流で高温特性の半導体レーザを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザの原理説明のためのエネルギーバンド構造図

【図2】本発明による半導体レーザの第1の実施例の構成を示す斜視図

【図3】本発明第1の実施例の半導体レーザのエネルギーバンド構造図

【図4】本発明による半導体レーザの第2の実施例の構成を示す斜視図

【図5】本発明第2の実施例の半導体レーザのバンド構造図

【図6】本発明による半導体レーザの第3の実施例の構成を示す斜視図

【図7】本発明第3の実施例の半導体レーザのエネルギーバンド構造図

【図8】本発明による半導体レーザの第4の実施例の構成を示す斜視図

【図9】本発明第4の実施例の半導体レーザのバンド構造図

【図10】従来の半導体レーザの構成を示す断面図

【符号の説明】

1: 単一量子井戸活性層

2: クラッド層

3: 光ガイド層

101: n-GaAs基板

102: n-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層

103: アンダーブZnSe_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}超格子光ガイド層

104: Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se歪量子井戸活性層

105: アンダーブZnSe_{0.14}Se_{0.86}/ZnSe超格子光ガイド層

106: p-Mg_{0.1}Zn_{0.9}Se_{0.14}Se_{0.86}クラッド層

107: p-ZnSeコンタクト層

108: ZnSe_{0.14}Se_{0.86}層

109: Zn_{0.7}Cd_{0.3}Se_{0.14}Se_{0.86}層

110: ZnSe_{0.14}Se_{0.86}層

111: ZnSe層

112: n-Zn_{0.4}Cd_{0.6}S埋込層

113: Au/Pt/Ag/Te電極

201: ZnSe_{0.14}Se_{0.86}/ZnSe_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}超格子光ガイド層

202: ZnSe_{0.12}Se_{0.74}Te_{0.14}層

301: アンダーブZn_{0.7}Cd_{0.3}S光ガイド層

302: ZnSe_{0.8}Se_{0.2}歪量子井戸活性層

303: アンダーブZnSe_{0.14}Se_{0.86}/ZnSe_{0.1}Se_{0.62}Te_{0.28}超格子光ガイド層

304: ZnSSeTe層

401: ZnSe_{0.8}Te_{0.2}歪量子井戸活性層

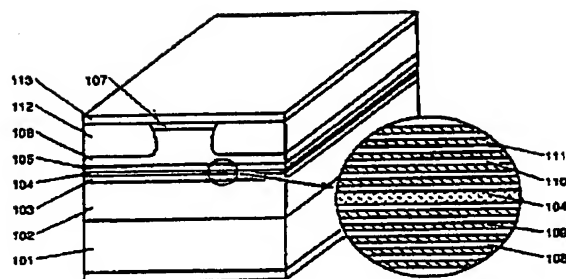
402: アンダーブZnSe_{0.14}Se_{0.86}/Zn_{0.9}Mg_{0.1}Se_{0.2}Se_{0.8}超格子光ガイド層

403: ZnSe_{0.3}Se_{0.7}層

404: Zn_{0.1}Mg_{0.9}Se層

【图 2】

图2



【図4】

图4

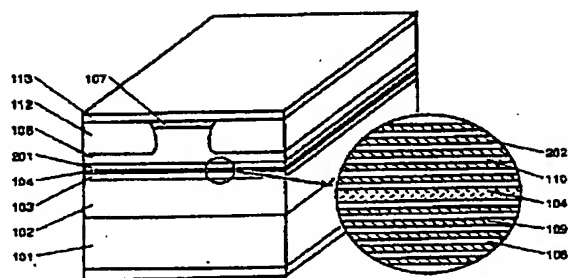
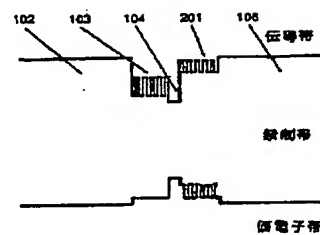


图5



【図7】

图7

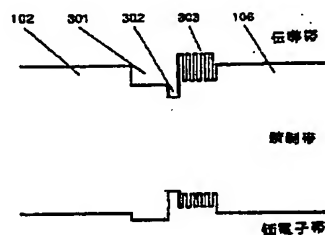
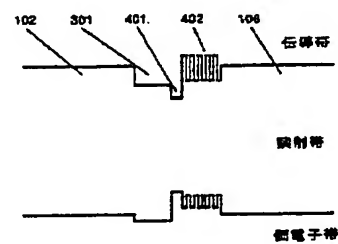
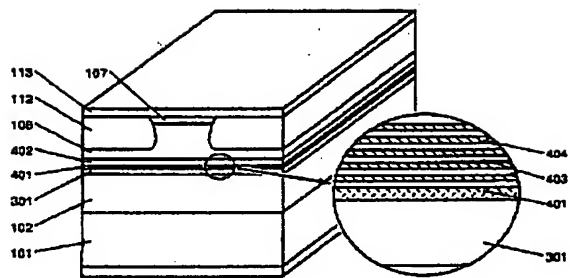


图 9



【図 8】

図 8



【図 10】

図 10

